Der Einfluss des Druckes auf die Herztätigkeit.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

Kurt Gross.

München 1913
Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Callwey.

Gedruckt mit Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Universität München.

Referent:
Herr Professor Dr. Frank.

Vorwort.

Zuvörderst drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Universitätsprofessor Dr. med. Otto Frank, dem Vorstand des K. Physiologischen Institutes zu München, meinen tiefstempfundenen Dank dafür auszusprechen, daß er nicht nur in liebenswürdigster Weise die Ausführung meiner Arbeit in seinem Institute gestattete, sondern auch stets mir seinen unendlich wertvollen Rat wie seine unschätzbare Hilfe zuteil werden ließ!

Sodann will ich an dieser Stelle auch Herrn Dr. Philipp Broemser für seine überaus liebenswürdige Unterstützung meinen wärmsten Dank sagen.

München, Januar 1913.

Der Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/dereinflussdesdr0000vari

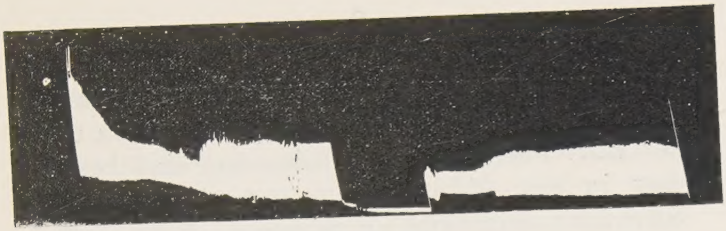
Die nachfolgend beschriebene Untersuchung schließt sich an gelegentliche Beobachtungen an, die bei früheren, im Physiologischen Institut zu Gießen ausgeführten Arbeiten gemacht wurden. Es hatte sich nämlich die merkwürdige Tatsache herausgestellt, daß, wenn man ein Froschherz unter Ringerlösung versenkt, die Kontraktionen immer schwächer, bis zum Versagen werden. Zunächst wurden diese Versuche von mir systematisch mit folgendem Verfahren wiederholt:

Das Herz war mit der Aorta auf eine Kanüle aufgebunden, die durch einen am Boden eines kleinen Zylinders aufgesteckten Kork hindurchging. Am Boden und am oberen Rand des Zylinders war je eine Seitenröhre angeschmolzen, so daß das Gefäß mit Ringerlösung durchspült werden konnte. Bei diesen Durchspülungsversuchen wurde die mit Sauerstoff gesättigte Ringerlösung in langsamem Strom hindurchgeleitet. An die Spitze des Ventrikels wurde ein sehr dünner Seidenfaden angeknüpft in der Art, wie es in der Abhandlung von Iwano beschrieben worden ist. Mit dem Seidenfaden zog der Ventrikel an dem kurzen Hebelarm eines Schreibhebels. Das Trägheitsmoment dieses Schreibhebels war möglichst gering, es betrug etwa 2 Zentimetergrammsekunden. Auch das Drehmoment wurde möglichst

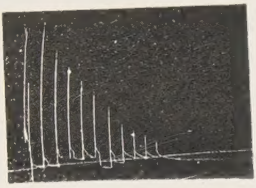
klein gewählt, es betrug für den Hebel und das angehängte Gewicht in den meisten Fällen nur Bruchteile eines Grammzentimeters. In einzelnen Versuchen wurde der Hebel fast äquilibriert. Die Kurven wurden auf einer sehr langsam gehenden, berußten Trommel des Harvard-Kymographion aufgeschrieben.

Die Resultate waren in den mit diesem Verfahren angestellten Versuchen, d. h. in Versuch 1 bis 9, dieselben wie früher, nämlich die folgenden: Durchweg nimmt die Größe der Herzkontraktion kontinuierlich ab; in manchen Versuchen so rasch, daß sie schon nach etwa dreiviertel Stunden fast auf Null herabgesunken ist. In den meisten Fällen treten zugleich Blockierungen ein, meist Halb-, oder auch Drittelrhythmus etc. Ausnahmslos hört der Ventrikel nach etwa 1 Stunde vollständig auf zu schlagen. Nach $^1/_2$—1 stündiger Pause können dann wieder Herzschläge im normalen Rhythmus oder auch Halbrhythmus eintreten. Dabei bilden sich, wie besonders in Versuch 2, höchst charakteristische Gruppen. Nach der Pause setzt die Schlagfolge mit einer von sehr schwachen Herzschlägen ausgehenden, prägnant ausgebildeten Treppe ein. Die Kurvenhöhe steigt bis zu einem Maximum, um von da wieder langsam abzufallen. Blockiert das Herz dazwischen, so wird die Kurve, wenn sie in das absinkende Stadium hineinfällt, wieder höher, um dann wieder abzufallen, falls derselbe Rhythmus beibehalten wird.

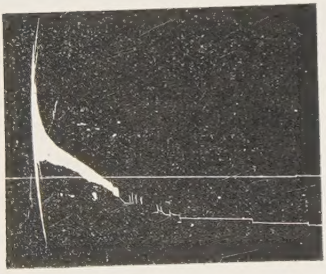
Ich reproduziere hier die Kurven von Versuch 1, 4a, 4b und 9. Kurzum, es treten alle diejenigen Erscheinungen auf, die man als Folgen



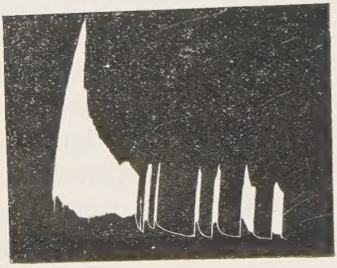
Kurve von Versuch 1.



Kurve von Versuch 4a.



Kurve von Versuch 4b.



Kurve von Versuch 9.

einer Ermüdung ansehen kann. Sie offenbaren sich in einer Herabsetzung der Erregbarkeit und der Kurvenhöhe. Diese Phänomene sind besonders in den Abhandlungen von Giesen und Sommer eingehend geschildert.

Man konnte zunächst daran denken, daß der Erscheinungskomplex durch eine Verhinderung des Sauerstoffzutritts bedingt ist. Diese Meinung war auch in der Abhandlung von Muennich ausgesprochen worden. Sicher ist aber die Sauerstoffzufuhr nur von unwesentlicher Bedeutung, denn bei meinen Versuchen wurde stets mit Sauerstoff gesättigte Ringerlösung verwandt. Außerdem ist es von vornherein unwahrscheinlich, daß die Beschaffenheit der Außenflüssigkeit einen wesentlichen Einfluß ausüben soll. Meine Versuche zeigen im Gegenteil, daß die Bespülung des Herzens von der Außenfläche mit der Flüssigkeit, die innen zugeleitet das Herz lange Zeit in gleichmäßigem Schlagen unterhält, das rapide Auftreten der Ermüdungserscheinungen nicht verhindert. Der Austausch der Stoffe findet in größerem Maße nur von der Innenfläche aus statt. Ob die Größe der inneren Oberfläche diese Differenz wesentlich bestimmt, oder ob sie eine Folge der vitalen Eigenschaften der beiden Oberflächen ist, müssen besondere Versuche entscheiden. Es konnte auch daran gedacht werden, daß die Schädigung durch das Anknüpfen des Fadens wesentlich mitgewirkt hatte. Daß eine solche Schädigung überhaupt eintreten kann, ist durch die Versuche von Giesen demonstriert worden. Es wurde deshalb in besonderen Versuchen darauf geachtet, daß nur

äußerst wenig von dem Ventrikelgewebe eingebunden wurde. Einen bemerkbaren Einfluß hat diese Maßregel nicht gehabt. Ferner wurde in anderen Versuchen die Arbeitsleistung des Ventrikels durch Ziehen an dem Hebel auf ein Minimum eingeschränkt, d. h. der Hebel wurde fast äquilibriert. Auch dies verändert nichts. Daß auch die Lage des Herzens selbst bedeutungslos ist, geht aus dem Versuch 10 hervor, bei dem das Herz in situ in derselben Weise mit dem Hebel verknüpft wurde. Trotzdem das Herz langsam bei diesem Verfahren eintrocknete, schlug es ohne Blockierung lange Zeit weiter. Es konnte sich nunmehr nur um den Füllungszustand des Ventrikels handeln, als bedingendes Moment. Der Ventrikel war ja in allen diesen Versuchen durch den Druck der Ringerlösung zusammengedrückt und ohne Inhalt.

Um dies zu entscheiden, brachte ich das Herz in einen besonderen Apparat. Durch den Boden des zylindrischen Gefäßes geht die Kanüle, auf der das Herz aufgebunden ist. Die Kanüle steht in Verbindung mit einem kleinen Druckreservoir, dessen Höhe verstellt werden kann. Der Zylinder, in den die Herzkanüle eingesetzt wird, ist mit Ringerlösung gefüllt. Durch das Heben oder Senken des Niveaus kann das Herz unter positiven oder negativen Druck gesetzt werden. Die Herzspitze wird durch einen Faden mit dem Schreibhebel verbunden. Ich wählte aber für diese Versuche die optische Registrierung, vor allen Dingen zur Vermeidung der Reibung des Schreibhebels an der Schreibfläche. Ist der Apparat für die

optische Registrierung einmal aufgestellt, so ist seine Handhabung eher bequemer als bei der Rußschreibung. Der Ventrikel greift bei meiner Registrierung an einem 10 cm langen Schreibhebel aus Strohhalm an. Die Achsen waren frei in Achathütchen gelagert. Zur Aequilibrierung des Hebels und Spannung des Fadens war an den kurzen Hebelarmen von 1,5 cm ein Zweigrammgewicht angehängt. An der Achse des Hebels ist ein Spiegelchen befestigt, das die von einem Nernststäbchen und einem Objektiv erzeugten Strahlen in der bekannten Weise zu einem optischen Kymographion zurückleitet. Wegen des langsamen Ganges mußte der im nichtverdunkelten Raum stehende Apparat von dem Kymographion bis zum Spiegel lichtdicht gemacht werden. Dies geschah durch eine 70 cm lange Blechröhre von rechteckigem Querschnitt, die auf der einen Seite bis zum Spalt reichte, auf der anderen Seite durch einen Deckel verschlossen war. In den Deckel ist eine 7 cm lange, etwa 1 cm weite Röhre eingesetzt, die bis zu dem Spiegel reicht. Trotzdem daß die Oeffnung des Objektivs bis auf die kleinste Blende abgeblendet wurde und der Kymographionspalt möglichst verengert wurde, war die Belichtung bei dem ganz langsamen Trommelgang (1 Umdrehung in 24 Stunden) doch zu stark, sie mußte durch Einfügung einer Gelbscheibe verringert werden.

Bei der optischen Registrierung fallen zunächst alle kleinen Unregelmäßigkeiten fort, die durch die ungleichmäßige Reibung der Hebelspitze am Papier hervorgerufen werden. Die Kur-

venhöhe bleibt, solange nicht irgend eine Einwirkung stattfindet, absolut konstant. Bemerkenswert ist, daß die Entfernung von der Basis bis zur Spitze gegen Ende der Diastole wieder kleiner wird. Zweifellos eine Folge der Kugelgestalt, die das Herz bei der stärkeren Füllung bekommt. Auf diesen Punkt ist bei der Anwendung der Suspensionsmethode, wenn ein stärkerer Füllungswechsel stattfindet, sehr zu achten. Leicht könnte dieser Umstand zu einer Annahme im Wechsel der „Kontraktionsgröße" führen.

Die Ergebnisse der Versuche nach der Richtung der Fragestellung sind vollständig eindeutig. Sobald das Herz unter negativen Innendruck gesetzt wird, d. h. der Druck außen größer als innen ist, tritt entweder bald — gewöhnlich nach einer Viertelstunde — Blockierung, meist sogar Stillstand oder eine sehr starke Abnahme der Zukkungsgröße bis fast zum Verschwinden ein. Wirkt dann auf das Herz wieder positiver Druck ein, so fängt es wieder unter Treppenbildung zu schlagen an, die Blockierungen verlieren sich, und in den meisten Fällen bleibt auch die Kontraktionsgröße konstant, oder sie nimmt bedeutend weniger als bei dem negativen Druck ab. Bisweilen kombiniert sich die Blockierung mit der Abnahme der Kontraktionshöhe. Einen sehr geringen Unterschied macht es nur, ob sich dabei das Herz unter Sauerstoffeinfluß befindet oder nicht.

Die nachfolgenden Versuchsprotokolle beweisen dies klar:

Versuch 23: Herz an Aortenkanüle in Luft herabhängend, Druck der überstehenden Ringer-

lösung 4 cm; Herzschlag für 2,5 Stunden regelmäßig, ohne Blockierung, Höhe unverändert von 4—4,5 cm.

Versuch 24: Herz umgekehrt, mit der Spitze nach oben, auf leerer Kanüle aufgebunden. Kontraktionsgröße sehr stark abnehmend. Erste Blokkierungen nach 40 Minuten; nach 1 Stunde 15 Minuten schlägt nur noch der Vorhof.

Versuch 25: Herz mit der Spitze nach oben, Kanüle aber durch einen U-förmigen Schlauch mit einem kleinen Reservoir verbunden. Während 50 Minuten unter einem Druck von 7 cm Herzschlag unregelmäßig. Blockierung. Weiterhin Druck von 3 cm, Herz erholt sich und schlägt während 1,5 Stunden regelmäßig.

Versuch 26: Anordnung wie in Versuch 25. Wechsel zwischen positivem und negativem Druck. Während 36 Minuten 2 cm positiver Druck: Kontraktionsgröße nimmt langsam ab, Herzschlag regelmäßig. Dann negativer Druck während 24 Minuten: Blockierung nach 10 Minuten, Stillstand nach 20 Minuten. Dann für 3 Minuten Druck von plus 2 cm: Der Ventrikel schlägt wieder, die anfänglichen Blockierungen werden seltener, Herzschlag wieder regelmäßig. Dann 3 Minuten negativer Druck von 2 cm: Blockierungen treten wieder auf. Zum Schluß bei 2,5 cm positivem Druck 40 Minuten langes, regelmäßiges Schlagen.

Versuch 27: Anordnung und Ergebnisse wie in Versuch 26. Zu bemerken ist, daß von vornherein Blockierungen eingetreten waren; ich vermute wegen der höheren Umgebungstemperatur.

Versuch 28: Anordnung wie in Versuch 26

und 27. Ergebnisse die gleichen. Bei negativem Druck Blockierung ohne Stillstand, aber starke Abnahme.

Versuch 29: Herz nicht in freier Luft, sondern in Ringerlösung, wie in der oben beschriebenen Anordnung. Ergebnisse: Bei positivem Druck gleichmäßige Kurvenhöhe und regelmäßige Schlagfolge. Bei negativem Druck nach etwa einer Viertelstunde Blockierung und starke Abnahme der Kontraktionsgröße. Bei negativem Druck starker Abfall der Kontraktionsgröße und Halbierung für eine Stunde lang. Dann bei positivem Druck regelmäßige Schlagfolge und allmähliche Erhöhung der Kontraktionsgröße während einer Viertelstunde bis zur Höhe der im Anfange des Versuchs bestandenen.

Versuch 30: Herz in ausgekochter Ringerlösung. Sonst wie in Versuch 29. Zunächst unter positivem Druck während 4 Minuten: Herzschlag regelmäßig, Kontraktionsgröße gleichmäßig. Dann für 2 Minuten negativer Druck: Fast sofort Blockierungen und Stillstand. Dann für 18 Minuten positiver Druck: Herz schlägt sehr bald wieder vollständig und regelmäßig. Derselbe Wechsel nochmal wiederholt, mit demselben Erfolg. Als dann Sauerstoff durchgeleitet wird und das Herz mit sauerstoffhaltiger Ringerlösung gefüllt wird, ist das Ergebnis bei einem Wechsel des Drucks derselbe Erfolg wie vorher.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Alle Versuche zeigen also übereinstimmend, daß nur bei einer Entfaltung des Herzens seine Erregbarkeit erhalten bleibt. Nachgewiesen ist dies in meinen Versuchen unmittelbar für den Ventrikel. Vermutlich gilt es aber auch für den Vorhof. Wird das Herz durch Zusammendrücken vollständig entleert oder führt es, was dasselbe ist, bei der Füllung o isometrische Zuckungen aus, so sinkt seine Erregbarkeit und Kontraktionsgröße ständig herab.

Daß der Druck als solcher irgend eine Wirkung ausüben könnte, erscheint schon wegen seiner geringen Größe unwahrscheinlich. Die nächstliegende Annahme ist die, daß durch das Zusammenpressen ungünstige Ernährungsverhältnisse geschaffen werden. Eigentliche Gefäße besitzt das Froschherz nach übereinstimmenden Untersuchungen nicht. Aber selbst, wenn die Ernährungsflüssigkeit durch von dem Herzlumen ausgehende Gefäße oder Spalten sich bewegen könnte, würde selbstverständlich eine in dem ganzen Lumen erfolgende gleichmäßige Erhöhung des Druckes auf die Bewegung keinen Einfluß haben. Die günstigeren Ernährungsverhältnisse könnten aber dadurch geschaffen sein, daß bei der Entfaltung des Herzens ein Austausch zwischen den Stoffen des Herzens und der Ernährungsflüssigkeit sowohl wegen der durch die Entfaltung bedingten Vergrößerung der Oberfläche, als auch wegen der Vermehrung der Flüssigkeitsmenge besser gewährleistet sei. Es ist aber auch denkbar, daß der Grund in der Verringerung der Bewegungsgröße

der Muskelfasern bei der isometrischen Zuckung liegt. Die Erscheinungen wären dann durch den Wegfall einer Art innerer Massage bedingt. Das Treppenphänomen könnte derselben Ursache entspringen. Wie bei der Besprechung der Versuchsergebnisse von mir hervorgehoben worden ist, verläuft die Veränderung der Kontraktionshöhe bei dem Einsetzen der stärkeren Füllung ähnlich wie bei der Treppe. Eine Entscheidung zwischen den beiden Möglichkeiten ist bei dem Froschherzen unmittelbar nicht möglich, dagegen denkbar bei dem Warmblüterherzen, bei dem man die Zirkulation durch das Gefäßsystem unverändert lassen kann, während die Bewegung des Muskels durch Entleerung des Herzens auf ein Minimum herabgedrückt werden kann. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die Erscheinung auch noch auf einem anderen, verwickelteren Weg zustande kommt. Es könnte nämlich die mit der stärkeren Arbeitsleistung oder Spannung verknüpfte stärkere Zersetzung bezw. Wärmebildung (vgl. Heidenhains Untersuchungen über die Muskelwärme) sekundär zu einer Vergrößerung der Zuckung führen. In welchem Zusammenhang meine Beobachtung mit den Angaben von Biedermann und Straub (s. Straub: Studien am Aplysienherzen, Pflügers Archiv 103, S. 444, und Evans: Toxikologische Untersuchungen an bioelektrischen Strömen, Zeitschr. f. Biologie 59, S. 398 u. 400) steht, daß nämlich der Erregungszustand der glatten Herzmuskulatur außerordentlich von der Dehnung abhängig ist, kann bei dem jetzigen Stand unseres Wissens nicht festgestellt werden.

Lebenslauf.

Ich, Kurt Adolf Groß, wurde am 1. Dezember 1887 als Sohn des kgl. bayr. Amtsrichters Gustav Groß und seiner Ehefrau Ottilie, geb. Kolb, im Hause meines Großvaters, des Generaldirektors Franz Kolb, in Viersen geboren. Im Jahre 1907 erlangte ich am kgl. Theresien-Gymnasium zu München das Zeugnis der Reife. Von Herbst 1907 an bezog ich die Universität zu München und oblag an ihr 10 Semester dem Studium der Medizin. Im Frühjahr 1910 bestand ich die ärztliche Vorprüfung, und am 14. Dezember 1912 bestand ich die ärztliche Prüfung. Vorliegende Arbeit wurde von mir im Physiologischen Institut zu München ausgeführt.

* * *

Der Einfluss des Druckes auf die Herztätigkeit.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

Kurt Gross.

München 1913

Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Callwey